

Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan *Disturbance Body* Terhadap Karakteristik Aliran yang Melintasi Sebuah Silinder Sirkular yang Tersusun Secara Tandem dalam Saluran Sempit ”Studi Kasus untuk *Disturbance Body* berulir dan polos dengan rasio diameter $d/D = 0,1$ dan $L/D = 2,0$ ”

Pratista Hariyanto dan Wawan Aries Widodo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: wawanaries@me.its.ac.id

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aliran yang melintasi silinder sirkular yang tersusun tandem yang ditempatkan pada saluran sempit. Adapun penelitian ini juga berusaha untuk mereduksi gaya hambat yang terjadi dengan menggunakan sebuah *disturbance body* yang memiliki rasio yang $d/D=0.1$ dengan kondisi permukaan polos dan berulir dengan rasio jarak gap $L/D = 2.0$. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan cara meletakkan silinder sirkular ($D=37.5\text{mm}$) dalam sebuah terowongan udara saluran sempit berpenampang bujur sangkar ($h=125\text{mm}$) dengan bilangan Reynolds sebesar 1.16×10^5 (berdasarkan diameter hidrolis saluran dan kecepatan freestream). Tekanan diukur dengan pressure tap yang terpasang pada permukaan silinder sirkular dan pada test section terowongan angin (inlet dan outlet). Sedangkan profil kecepatan aliran didapatkan dengan menggunakan pitot static tube yang dipasang dibelakang silinder sirkular.

Kata Kunci – saluran sempit, *disturbance body*, susunan tandem.

I. PENDAHULUAN

Komponen – komponen yang berpengaruh terhadap pengurangan *coefficient drag* ada 5 yaitu, intensitas turbulensi, kecepatan dan pola aliran pada sisi *freestream*, bentuk benda dan arah orientasi, *surface* kekasaran permukaan *disturbance body*, dan *blockage ratio*. Intensitas turbulensi akan mengurangi nilai C_D pada Re yang sama yang diteliti oleh Bearman dan Morel [1]. Untuk kecepatan aliran yang diwakili Reynolds Number mempengaruhi C_D seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.11 di buku *Introduction to Fluid Mechanics (Fifth Edition, Fox&McDonald)* [2], untuk diameter yang tetap dengan variasi Reynolds Number terlihat bahwa untuk Reynolds Number yang semakin besar maka nilai C_D akan semakin turun, dan pada pola aliran semakin jauh *bluff body* dari *leading edge wind tunnel* maka *disturbance thickness*

semakin tebal dan menyebabkan titik separasi pada silinder semakin tertunda ke belakang, tertundanya separasi ini mengakibatkan wake semakin sempit dan nilai C_D turun. Sedangkan pengirisan pada silinder dapat mempengaruhi C_D , silinder yang diiris dengan sudut $\theta = 53^\circ$ akan memiliki C_D yang lebih kecil daripada silinder sirkular, sedangkan yang diiris dengan sudut $\theta = 65^\circ$ memiliki wake yang paling lebar sehingga nilai C_D paling besar, ini dapat disebut dipengaruhi oleh bentuk benda dan arah orientasi. Untuk *surface* kekasaran permukaan *disturbance body* yang dalam hal ini diteliti dalam penelitian Lee [3]. Dan untuk *blockage ratio*, Weidman [4] dan Bell [5] telah meneliti pada sebuah benda yang ditempatkan pada wind tunnel dengan kecepatan yang tetap, tetapi bentuk bendanya semakin besar diameter yang digunakan, ditunjukkan dengan C_D semakin meningkat, karena *disturbance body* mengalami transisi lapis batas sehingga terseparasi massif, *shear layer* yang terseparasi di *disturbance body* mengandung intensitas turbulensi yang semakin besar, dan memberikan gangguan terhadap *boundary layer* yang akan *attach* terhadap *mean cylinder circular*, gangguan ini mempercepat transisi lapis batas dari laminar ke *turbulent*, hal ini dapat dilihat letak separasi masif akan semakin dibelakang.

Penelitian tentang usaha untuk menurunkan pressure drop telah dilakukan oleh Lee, dkk [6], Tsutsui & Igarashi [7], Lee [3]. Usaha mereduksi gaya hambat ini ada berbagai macam cara, seperti yang telah dilakukan oleh Lee [3] yaitu berupa penambahan *Small control rod* di depan silinder. Hasil dari penelitian ini, Lee menyatakan bahwa adanya *small control rod* di depan silinder utama dapat menurunkan C_D dari silinder utama maupun keseluruhan sistem (silinder utama dan *control rod*). Dari hasil visualisasi penambahan batang pengganggu ini, tampak bahwa silinder utama terletak didalam *area vortex formation* dari batang pengganggu dan terdapat

dua macam struktur aliran yang berefek pada *drag reduction*. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa *maximum drag reduction* terjadi pada jarak kritis tertentu (L_c).

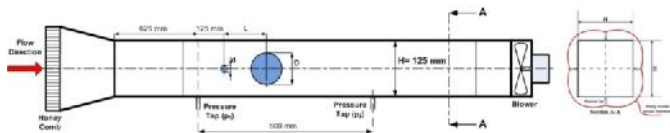
Penelitian yang dilakukan oleh Tsutsui & Igarashi [7] dengan konfigurasi yang berupa Silinder utama yang diberi batang pengganggu di depannya. Dari Penelitian ini, mendapatkan hasil yang serupa dengan penelitian Lee dengan penambahan pendapat yang berupa : adanya pengaruh *Reynolds number* (Re) terhadap turunnya C_D diluar pengaruh d/D dan L/D . Penurunan *pressure drag* lebih banyak dipengaruhi oleh Re dibandingkan d/D dan L/D . Adapun penelitian lain untuk reduksi *drag force* adalah dengan silinder yang profil permukaan berupa *V-grooved* dan *U-grooved*. Penelitian ini dilakukan oleh Lee [3] menghasilkan kesimpulan bahwa penambahan tipe permukaan silinder menghasilkan pengaruh yang berlainan pada Re rendah dan tinggi.

Untuk saluran sempit, Daloglu [8] telah melakukan penelitian yang menyatakan bahwa *pressure drop* dalam saluran kecil untuk konfigurasi body tandem sangat dipengaruhi oleh jarak yang terdapat diantara *tandem body*. Dari hasil penelitian ini, hasil yang paling utama adalah ditemukannya titik kritis atas jarak kedua body tandem (S/d) ini. Adapun nilai dari titik kritis atas jarak body tandem dipengaruhi bentuk (geometri) dan ukuran (dimensi) tetapi tidak dipengaruhi oleh *Reynolds number*. Titik kritis ini merupakan jarak antara kedua body yang menghasilkan *pressure drop* dan *friction coefficient* yang paling minim.

Dari penelitian tersebut, maka muncul pemikiran untuk melakukan penelitian mengenai reduksi gaya fluida pada silinder sirkular, yang disusun secara *single* silinder dengan sebuah pengganggu yang memiliki permukaan berulir (*grooved*) yang nantinya akan dibandingkan dengan pengganggu yang memiliki permukaan halus dan pada penelitian ini dilakukan juga variasi silinder sirkular. Dari sini akan dilihat bagaimana distribusi koefisien tekanannya (C_p), koefisien *drag* (C_D) maupun fenomena yang terjadi dan visualisasi alirannya.

II. URAIAN PENELITIAN

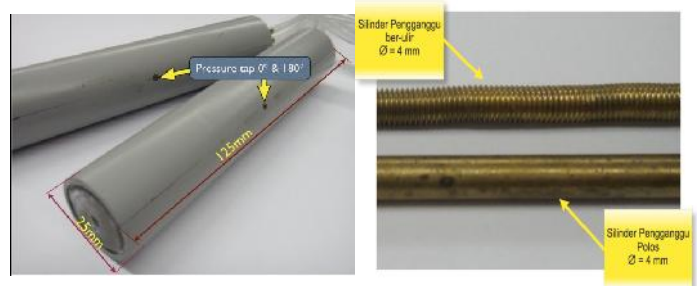
Berikut ini adalah skema dari penelitian yang akan dilakukan. Dari gambar 1 ditunjukkan letak benda uji di dalam sebuah terowongan angin dengan ukuran 125mm x 125mm dengan panjang 2m, yang disusun secara tandem dengan pengganggu di bagian depan.



Gambar.1 Instalasi penelitian

Dari penelitian ini digunakan benda uji berupa dua silinder sirkular yang berdiameter (D) = 37,5mm dengan panjang (L) = 125mm. Pengganggu yang digunakan berupa silinder dengan diameter (D) = 4mm dengan permukaan polos dan permukaan ulir yang diletakkan di depan sebuah silinder

yang tersusun tandem tersebut, seperti terlihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 silinder sirkular dan pengganggu

Pengambilan data dilakukan dengan variasi $d/D = 0,1$; 0,16; dan 0,32 dengan rasio jarak tandem $L/D=2.0$ dengan angka Reynolds sebesar 52100, 73700, 90200, 128000, 147000, 156000 sesuai dengan angka Reynolds yang digunakan Daloglu (2008) dalam penelitiannya tentang *pressure drop*. Alat pengukuran menggunakan data akuisisi serta *pressure transducer* yang disambungkan pada *wall pressure tap* maupun pitot static tube pada *test section*. Sebelum penggunaan *pressure transducer* maka dilakukan langkah kalibrasi sebagai berikut :

2.1 Langkah –langkah kalibrasi

1. Pemasangan instalasi untuk keadaan *free stream* tanpa benda uji.
2. Pitot static tube dipasang pada dinding yang tersambung pada manometer serta *pressure transducer*.
3. Pengaturan bukaan pada damper dengan bukaan 8/8 (penuh) sampai 1/8 pada tiap penyalan *wind tunnel*.
4. Diambil data manometer dan *pressure transducer* untuk tekanan statis.
5. Dari manometer didapatkan h dan dari Data Akuisisi didapatkan arus sehingga bisa diketahui tekanan statis yang terjadi.
6. Data- data tersebut dibuatkan grafik P_{static} manometer vs arus (i) sehingga diketahui pula hubungannya dengan sebuah formula.

2.2 Prosedur Pengambilan Data

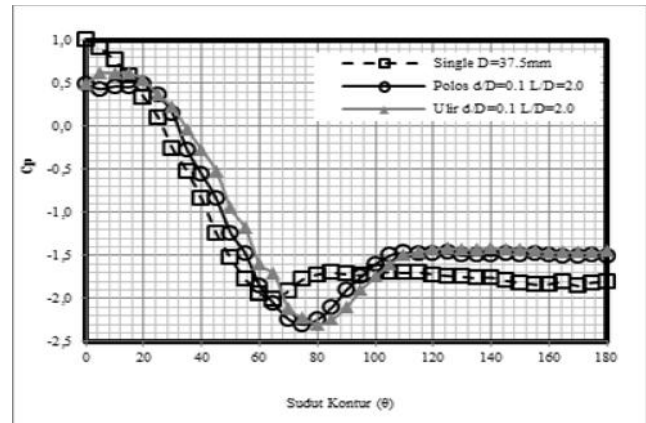
1. Perencanaan peralatan yang akan digunakan untuk eksperimental.
2. Pengukuran kondisi udara di ruangan saat pengujian (temperatur, dan tekanan).
3. Pemasangan benda uji pada saluran, yaitu silinder sirkular dengan ($D = 37,5\text{mm}$) dengan jarak $d/D = 0,1$; beserta batang pengganggu dengan $D = 4\text{ mm}$ yang di letakkan pada jarak $L/D = 2.0$ di depan silinder *upstream*.
4. Mengukur kesejajaran silinder dan dinding dengan *water pass*.
5. Menghidupkan *wind tunnel* dan mengatur kecepatan sesuai konfigurasi ($Re = 116000$) sampai kondisi *steady*.
6. Untuk pengambilan *pressure drop* digunakan variasi $Re = 52100, 73700, 90200, 116000, 128000, 147000, 156000$.

7. Pengukuran tekanan yang terjadi pada *wall pressure tap inlet* dan *outlet* untuk mencari *pressure drop* dengan menggunakan *pressure transducer* serta data akuisisinya.
8. Pengukuran tekanan pada *pressure tap* yang terdapat di permukaan silinder, dan pengukuran profil kecepatan di belakang susunan silinder dengan menggunakan pitot tube yang dihubungkan dengan *transducer* tekanan dan data akuisisi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien Tekanan pada tandem disturbance body $d/D=0.1$ $L/D=2.0$

Gambar 6 menunjukkan distribusi koefisien tekanan (C_p) single silinder $D=37.5\text{mm}$ tanpa diberi *disturbance body*, pada gambar tersebut terlihat aliran mengalami stagnasi pada sudut kontur 0° . Titik stagnasi tersebut ditandai dengan adanya nilai pada distribusi koefisien tekanan yang berharga 1, setelah itu aliran mengalami akselerasi (flow accelerated) akibat adanya penyempitan penampang (streamtube) yang ditandai dengan adanya penurunan distribusi koefisien tekanan (C_p) sampai pada tekanan minimumnya ($C_{p_{\min}}$). $C_{p_{\min}}$ ini terjadi pada sudut kontur 65° . Setelah itu aliran mengalami deselerasi yang diindikasikan dengan naiknya nilai distribusi koefisien tekanan (C_p). Karena aliran tidak mampu menahan adverse pressure gradient yang semakin positif dan akumulasi gaya gesek pada kontur permukaan, aliran selanjutnya mengalami separasi massive, separasi ini terjadi pada sudut kontur 85° . Sedangkan untuk distribusi koefisien tekanan (C_p) pada silinder sirkular $d/D=0.1$ dengan adanya *disturbance* berupa silinder polos menunjukkan bahwa outer shear layer dari separasi silinder *disturbance* menyelimuti kontur bodi silinder utama, sehingga nilai dari distribusi koefisien tekanan untuk silinder utama hampir seluruhnya berharga negatif, dari Gambar 4.16 terlihat bahwa terdapat re-attachment pada sudut kontur 20° yang diindikasikan dengan adanya puncak (peak) pada distribusi koefisien tekanan, re-attachment ini lebih disebabkan oleh separasi shear layer dari silinder *disturbance* yang memiliki intensitas turbulensi tinggi yang mendapat gangguan dari freeestream di sekitarnya, sehingga aliran cenderung terbelokkan pada kontur permukaan silinder utama. Setelah mengalami re-attachment, terlihat shear layer menelusuri kontur menuju bagian belakang silinder dan selanjutnya mengalami separasi massive yang diakibatkan oleh adanya adverse pressure gradient yang semakin positif dan akumulasi gaya gesek. Separasi massive ini terjadi pada sudut kontur 105° . Sedangkan pada silinder sirkular $d/D=0.1$ dengan adanya *disturbance* berupa silinder ulir menunjukkan bahwa outer shear layer dari separasi silinder *disturbance* menyelimuti kontur bodi silinder utama, terlihat bahwa terdapat re-attachment pada sudut kontur 15° yang diindikasikan dengan adanya puncak (peak) pada distribusi koefisien tekanan. Setelah mengalami re-attachment, terlihat shear layer menelusuri kontur menuju bagian belakang silinder dan selanjutnya mengalami separasi massive. Separasi massive ini terjadi pada sudut kontur 115° .



Gambar 6 tandem *disturbance body* $d/D=0.1$ $L/D=2.0$

Pada gambar 6 terlihat bahwa titik separasi untuk single silinder dengan adanya *disturbance body* ulir terletak lebih tertunda dari single silinder tanpa *disturbance* dan dengan *disturbance* polos, hal ini menunjukkan bahwa pada single silinder dengan *disturbance* ulir mempunyai nilai koefisien drag yang lebih kecil dibandingkan dengan silinder lainnya. Terlihat bahwa dengan adanya *disturbance* berupa ulir, aliran cenderung memiliki turbulensi yang tinggi, sehingga separasi lebih tertunda ke belakang silinder.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah :

1. Penggunaan permukaan ulir pada *disturbance body* sanggup untuk mengurangi *pressure drop* dan gaya drag yang terjadi daripada penggunaan *disturbance* dengan permukaan polos.
2. Penggunaan *disturbance body* didepan benda uji (main cylinder) mampu menunda titik separasi yang terjadi pada main cylinder.
3. Penggunaan permukaan ulir pada *disturbance body* lebih dapat menunda titik separasi yang terjadi daripada menggunakan permukaan polos.

Tabel 1.
Hasil C_{dp} Eksperimen

	Titik Stagnasi (C_p)	Titik Separasi (Sudut Kontur)
Single Silinder $D=12.5\text{mm}$	1	90°
$d/D=0.32$ $L/D=2.0$ (Polos)	-0.1	100°
$d/D=0.32$ $L/D=2.0$ (Ulir)	-0.14	110°
Single Silinder $D=25\text{mm}$	1	80°
$d/D=0.16$ $L/D=2.0$ (Polos)	0.48	100°
$d/D=0.16$ $L/D=2.0$ (Ulir)	0.47	110°
Single Silinder $D=37.5\text{mm}$	1	85°
$d/D=0.1$ $L/D=2.0$ (Polos)	0.49	105°
$d/D=0.1$ $L/D=2.0$ (Ulir)	0.48	115°

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bearman P.W., & Morel T., *Effect of Free Stream Turbulence on The Flow Around Bluff Bodies*, Departement of Aeronautics, Imperial College, London, UK, (1984).
- [2] Fox Robert W, McDonald Alan T and Pritchard Philip J. *Introduction to Fluid Mechanics 7th edition*. USA, (2008).
- [3] Lee, S.J., Lim, H.C., Han, M., & Lee, S.S., *Flow control of circular cylinder with a V-grooved micro riblet film*, Fluid Dynamic Research, Vol.37, (2005) 246-266.
- [4] Weidman, P.D., Tesis: *Wake Transition and Blockage Effect on Cylinder base Pressure*, California Institute of Technology, Pasadena, (1968).
- [5] Bell, W.H., *Turbulence vs Drag – some further consideration*, Ocean Engineering, Vol.10, No.1, (1983) 47-63.
- [6] Lee, S.J., Lee, S.I., & Park, C.W., *Reducing the Drag on a circular cylinder by upstream installation of a small control rod*, Fluid Dynamic Research, Vol.34, (2004), 233-250.
- [7] Tsutsui, T., & Igarashi, T., *Drag reduction of a circular cylinder in an air-stream*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics Vol.90, (2002) 527-541.
- [8] Daloglu, A. *Pressure drop in a channel with cylinder in tandem arrangement*, International Communication in Heat and Mass Transfer, Vol.35, (2008) 76-83.